

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-119443

(43)Date of publication of application : 30.04.1999

(51)Int.Cl.

G03F 7/40  
G03F 7/039  
H01L 21/027

(21)Application number : 09-280783

(71)Applicant : OKI ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 14.10.1997

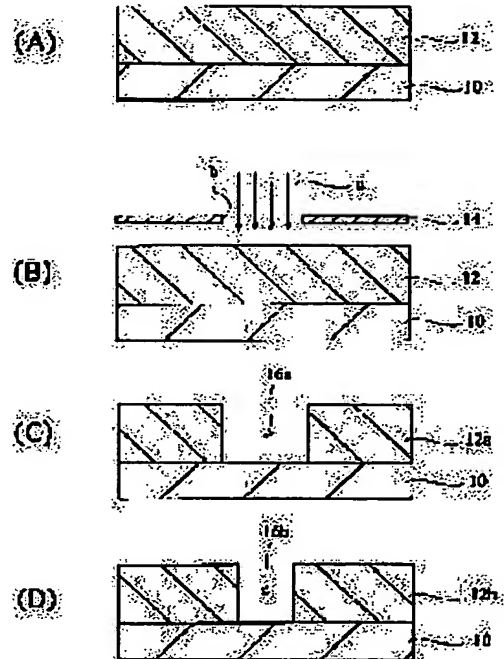
(72)Inventor : FURUKAWA TAKAMITSU  
AOYAMA RYOICHI

## (54) FORMATION OF RESIST PATTERN

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To realize a technique for making resist patterns finer without depending on a short-wavelength light, such as ArF light (wavelength 198 nm).

**SOLUTION:** A positive resist 12 is first applied on a film 10 to be formed. Next, the positive resist is exposed by using a prescribed mask 14. The patterns of the mask are transferred to the positive resist by exposing the positive resist via the mask. Next, the positive resist is developed to form temporary resist patterns 12a. Hole patterns 16a are formed in the positions of the temporary resist patterns corresponding to the opening parts b of the mask. The temporary resist patterns are baked after development. The temporary resist patterns are deformed by this baking, by which the resist patterns 12b are formed. The baking of the resist is intrinsically carried out for the purpose of removing the residual solvent and residual moisture but in this embodiment, the baking is executed at a temp. higher than the temp. of the ordinary baking for the purpose described above. The baking is executed at a temp. higher than usual in such a manner to reduce the size of the temporary resist patterns. Consequently, the bore of the hole patterns is reduced and the novel hole patterns 16b are formed.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 28.08.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 30.03.2004

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-119443

(43) 公開日 平成11年(1999) 4月30日

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>  
G03F 7/40  
7/039  
H01L 21/027

識別記号  
511  
601

F I  
G03F 7/40  
7/039  
H01L 21/30  
511  
601  
568

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全12頁)

(21) 出願番号 特願平9-280783

(22) 出願日 平成9年(1997)10月14日

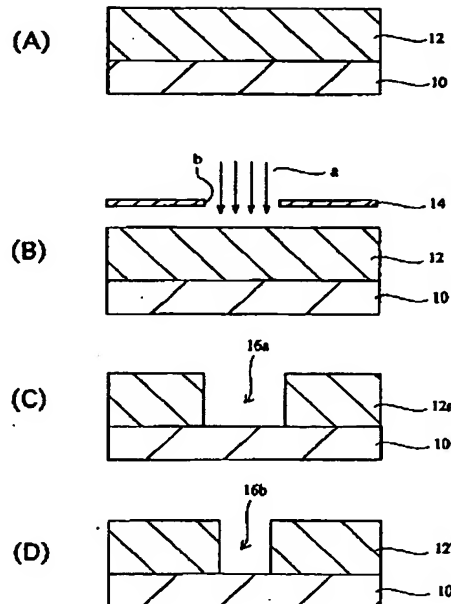
(71) 出願人 000000295  
沖電気工業株式会社  
東京都港区虎ノ門1丁目7番12号  
(72) 発明者 古川 貴光  
東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気  
工業株式会社内  
(72) 発明者 青山 亮一  
東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気  
工業株式会社内  
(74) 代理人 弁理士 大垣 孝

(54) 【発明の名称】 レジストパタンの形成方法

(57) 【要約】

【課題】 ArF光(波長198nm)等の短波長光に頼らないレジストパタンの微細化手法を実現する。

【解決手段】 先ず、被加工膜10の上にポジレジスト12を塗布する。次に、所定のマスク14を用いてポジレジストの露光を行う。マスクを介してポジレジストを露光することにより、マスクのパターンをポジレジストに転写する。次に、ポジレジストを現像して仮レジストパタン12aを形成する。マスクの開口部分bに対応した仮レジストパタンの位置にはホールパタン16aが形成される。現像後、仮レジストパタンのベークを行う。このベークにより仮レジストパタンを变形させ、レジストパタン12bを形成する。本来、レジストに対するベークは残留溶媒および残留水分の除去を目的として行うが、この形成例では上記目的の通常のベークよりも高い温度でベークを行う。このように、通常よりも高い温度でベークを行うことによって仮レジストパタンの寸法を縮小させる。この結果、ホールパタンの口径は縮小し、新規のホールパタン16bが形成される。



10:被加工膜 12:ポジレジスト 12a:仮レジストパタン  
12b:レジストパタン 14:マスク 16a,16b:ホールパタン

レジストパタンの第1形成方法

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 被加工膜の上にレジストを塗布する工程と、  
所定のマスクを用いて前記レジストの露光を行う工程と、  
前記レジストを現像して仮レジストパターンを形成する工程と、  
残留溶媒および残留水分の除去を目的とした通常のベークよりも高い温度で現像後のベークを行うことにより前記仮レジストパターンを変形させ、レジストパターンを形成する工程とを含むことを特徴とするレジストパタンの形成方法。

【請求項 2】 請求項 1 に記載のレジストパタンの形成方法において、  
前記現像後のベークは、120℃～130℃の範囲の温度で行うことを特徴とするレジストパタンの形成方法。

【請求項 3】 被加工膜の上にポジレジストを塗布する工程と、  
所定のマスクを用いて前記ポジレジストの第 1 回目の露光を行う工程と、  
現像を行って前記ポジレジストの感光部分を除去し、仮レジストパターンを形成する工程と、  
前記仮レジストパターンを不完全に感光させる第 2 回目の露光を行う工程と、  
ベークを行って前記仮レジストパターンを変形させ、レジストパターンを形成する工程とを含むことを特徴とするレジストパタンの形成方法。

【請求項 4】 請求項 3 に記載のレジストパタンの形成方法において、  
前記第 2 回目の露光を、前記現像後のベークの実行時に行うことを特徴とするレジストパタンの形成方法。

【請求項 5】 被加工膜の上にポジレジストを塗布する工程と、  
所定のマスクを用いて前記ポジレジストの第 1 回目の露光を行う工程と、  
現像を行って前記ポジレジストの感光部分を除去し、仮レジストパターンを形成する工程と、  
残留溶媒および残留水分の除去を目的とした通常のベークよりも高い温度で第 1 回目のベークを行って、前記仮レジストパターンを変形させ、レジストパターンを形成する工程と、  
前記レジストパターンを完全に感光させる第 2 回目の露光を行う工程と、  
残留溶媒および残留水分の除去を目的とした第 2 回目のベークを行う工程とを含むことを特徴とするレジストパタンの形成方法。

【請求項 6】 被加工膜の上にポジレジストを塗布する工程と、  
所定のマスクを用いて前記ポジレジストの第 1 回目の露光を行う工程と、

現像を行って前記ポジレジストの感光部分を除去し、仮レジストパターンを形成する工程と、  
残留溶媒および残留水分の除去を目的とした通常のベークよりも高い温度でベークを行って、前記仮レジストパターンを変形させる工程とを含み、  
前記ベークの実行中に前記仮レジストパターンを完全に感光させる第 2 回目の露光を行うことにより、当該仮レジストパタンの変形を抑止して、レジストパターンを形成することを特徴とするレジストパタンの形成方法。

【請求項 7】 被加工膜の上にポジレジストを塗布する工程と、  
所定のマスクを用いて前記ポジレジストの第 1 回目の露光を行う工程と、  
現像を行って前記ポジレジストの感光部分を除去し、仮レジストパターンを形成する工程と、  
残留溶媒および残留水分の除去を目的とした通常のベークよりも高い温度でベークを行って、前記仮レジストパターンを変形させる工程とを含み、  
前記ベークの実行中に、前記仮レジストパターンを不完全に感光させる第 2 回目の露光を行い、さらに前記仮レジストパターンを完全に感光させる第 3 回目の露光を行うことにより、当該仮レジストパタンの変形を抑止して、レジストパターンを形成することを特徴とするレジストパタンの形成方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、半導体製造工程のホトリソグラフィ工程におけるレジストパタンの形成方法に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体製造においては、素子や配線のパターン形成方法としてホトリソグラフィ技術が一般的に用いられている。ホトリソグラフィは、基板上に塗布したホトレジストに対してステップ等の露光装置を用いてパターンニングを行うものである。近年のLSIの高集積化および微細化に伴い、より微細なレジストパターンを形成することが要求されている。このため、レジストパターンを形成するための露光光として、水銀ランプのi線（波長365nm）に代わってKrFエキシマレーザのディープUV（紫外）光（波長248nm）が適用され始めてきている。これにより、より微細なレジストパタンの形成が可能になってきている。

【0003】但し、従来のi線用レジストは248nmの光波長付近では高い感度を有していない。従って、ディープUV光の波長領域で高い感度を有する専用のレジストを用いなければならない。現在、ディープUV波長領域で比較的高感度を有するレジストとして化学増幅型ポジレジストが市販されている。このタイプのレジストの感度の優位性は今後も変わらず、従ってレジストの主流になってゆくと考えられる。

## 【 0 0 0 4 】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、今後もあるパタンの微細化の要求がなされ、いずれは上述の KrF エキシマレーザおよび化学増幅型ポジレジストを用いたパタン形成方法にも限界がくると予想される。また、ArF 光（波長 198 nm）等の短波長光を用いた露光技術は、現在のところ実用化のめどが立っていない。従って、このような露光光の短波長化に頼らないで、新しくレジストパタンの微細化手法を検討する必要がある。

## 【 0 0 0 5 】

【課題を解決するための手段】そこで、この発明のレジストパタンの形成方法によれば、被加工膜の上にレジストを塗布する工程と、所定のマスクを用いてレジストの露光を行う工程と、レジストを現像して仮レジストパタンを形成する工程と、残留溶媒および残留水分の除去を目的とした通常のベークよりも高い温度で現像後のベークを行うことにより仮レジストパタンを変形させ、レジストパタンを形成する工程とを含むことを特徴とする。

【 0 0 0 6 】このように、現像後にベークを行うことによって、仮レジストパタンを変形させることができる。これは、耐熱性に乏しいレジストが熱を受けてだれるからである（この現象を熱フローと称する。）。例えば、レジストに形成されたホールパタンでは、ホール周辺のレジスト部分がホール内に溶け込んで、ホールの口径が縮小する。このように、ベークによって仮レジストパタンのパタン寸法を縮小させることができる。しかも、このパタン寸法の縮小は各部分で均一に生じるのでパタン（形状）に依存しない。

【 0 0 0 7 】また、パタン寸法の縮小量は、ベークの温度で制御することができる。上述したように、現像後のベークは、残留溶媒および残留水分の除去を目的とした通常のベークよりも高い温度で行うと良い。

【 0 0 0 8 】例えば、東京応化工業株式会社製の化学増幅型ポジレジスト TDUR-P7（商品名）に対しては、通常のベークを 90℃ 程度で行うのが一般的である。しかし、パタン寸法の縮小を目的とする場合には、現像後のベークを 120℃～130℃ の範囲の温度で行うのが好適である。

【 0 0 0 9 】また、この発明のレジストパタンの形成方法によれば、被加工膜の上にポジレジストを塗布する工程と、所定のマスクを用いてポジレジストの第 1 回目の露光を行う工程と、現像を行ってポジレジストの感光部分を除去し、仮レジストパタンを形成する工程と、仮レジストパタンを不完全に感光させる第 2 回目の露光を行う工程と、ベークを行って仮レジストパタンを変形させ、レジストパタンを形成する工程とを含むことを特徴とする。

【 0 0 1 0 】このように、第 1 回目の露光後の未感光部分すなわち仮レジストパタンに対して第 2 回目の露光を

行う。この第 2 回目の露光では、適当な波長の光で適当な露光量の全面露光を行うようにすると仮レジストパタンの耐熱性が向上する。従って、ベークの温度の変化に対する仮レジストパタンの寸法縮小量が小さくなる。よって、第 2 回目の露光とベークとによりパタンの寸法縮小量を制御できる。

【 0 0 1 1 】また、この発明のレジストパタンの形成方法において、好ましくは、第 2 回目の露光を、現像後のベークの実行時に行うのが良い。

10 【 0 0 1 2 】このようにすると、第 2 回目の露光がベーク時間内に終了するので、スループットが低下しない。

【 0 0 1 3 】また、この発明のレジストパタンの形成方法によれば、被加工膜の上にポジレジストを塗布する工程と、所定のマスクを用いてポジレジストの第 1 回目の露光を行う工程と、現像を行ってポジレジストの感光部分を除去し、仮レジストパタンを形成する工程と、残留溶媒および残留水分の除去を目的とした通常のベークよりも高い温度で第 1 回目のベークを行って、仮レジストパタンを変形させ、レジストパタンを形成する工程と、  
20 レジストパタンを完全に感光させる第 2 回目の露光を行う工程と、残留溶媒および残留水分の除去を目的とした第 2 回目のベークを行う工程とを含むことを特徴とする。

【 0 0 1 4 】このように、第 1 回目のベークをパタンの寸法縮小を目的として行い、続いて第 2 回目の露光を行う。この第 2 回目の露光では、第 1 回目のベークにより形成されたレジストパタンを完全に感光させるので、この後に行う第 2 回目のベークではパタンの変形が生じない。すなわち、この第 2 回目のベークでは、レジストパタン中に含まれる残留溶媒および残留水分の除去が図れる。このように、パタンの寸法縮小量は、第 1 回目のベークの温度および時間により制御することができる。

【 0 0 1 5 】また、この発明のレジストパタンの形成方法によれば、被加工膜の上にポジレジストを塗布する工程と、所定のマスクを用いてポジレジストの第 1 回目の露光を行う工程と、現像を行ってポジレジストの感光部分を除去し、仮レジストパタンを形成する工程と、残留溶媒および残留水分の除去を目的とした通常のベークよりも高い温度でベークを行って、仮レジストパタンを変形させる工程とを含み、ベークの実行中に仮レジストパタンを完全に感光させる第 2 回目の露光を行うことにより、当該仮レジストパタンの変形を抑止して、レジストパタンを形成することを特徴とする。

【 0 0 1 6 】このように、ベークの途中で第 2 回目の露光を行うことにより仮レジストパタンを完全に感光させる。従って、仮レジストパタンの寸法縮小量を、ベーク温度と、ベーク開始から第 2 回目の露光を行うまでの時間とにより制御できる。また、第 2 回目の露光後は、レジストパタン中に含まれる残留溶媒および残留水分の除去を目的として継続的にベークを行うことができる。従

って、スループットが低下しない。

【0017】また、この発明のレジストパタンの形成方法によれば、被加工膜の上にポジレジストを塗布する工程と、所定のマスクを用いてポジレジストの第1回目の露光を行う工程と、現像を行ってポジレジストの感光部分を除去し、仮レジストパタンを形成する工程と、残留溶媒および残留水分の除去を目的とした通常のベークよりも高い温度でベークを行って、仮レジストパタンを變形させる工程とを含み、ベークの実行中に、仮レジストパタンを不完全に感光させる第2回目の露光を行い、さらに仮レジストパタンを完全に感光させる第3回目の露光を行うことにより、当該仮レジストパタンの變形を抑制して、レジストパタンを形成することを特徴とする。

【0018】このように、ベークの途中で第2回目の露光を行うことにより仮レジストパタンを不完全に感光させる。この結果、仮レジストパタンの耐熱性が向上する。続いて、ベークの実行中に第3回目の露光を行うことにより仮レジストパタンを完全に感光させる。従って、仮レジストパタンの寸法縮小量を、ベーク温度と、第2回目の露光における露光量と、ベーク開始から第3回目の露光を行うまでの時間とにより制御できる。また、第3回目の露光後は、レジストパタン中に含まれる残留溶媒および残留水分の除去を目的として継続的にベークを行うことができる。従って、スループットが低下しない。

【0019】

【発明の実施の形態】以下、図を参照して、この発明の実施の形態につき説明する。尚、図は、この発明が理解できる程度に形状等を概略的に示してあるに過ぎない。また、以下に記載する数値条件や材料等は単なる一例に過ぎない。従って、この発明は、この実施の形態に何ら限定されることがない。

【0020】【第1の実施の形態】この実施の形態では、レジストパタンの第1形成方法につき説明する。図1は、レジストパタンの第1形成方法の説明に供する断面図である。この方法では、先ず、被加工膜10の上にポジレジスト12を塗布する(図1(A))。被加工膜10は、レジストパタンを用いたエッチングによりパターンニングを行う膜である。このレジストパタンはポジレジスト12を加工して形成する。ポジレジスト12としては、化学増幅型ポジレジスト(東京応化工業株式会社製のTDUR-P7)を用いている。ポジレジスト12は、回転塗布法によって被加工膜10の上面に塗布して形成する。この例では、10000Å(オングストローム)の膜厚のポジレジスト12を形成している。

【0021】次に、所定のマスク14を用いてポジレジスト12の露光を行う(図1(B))。マスク14を介してポジレジスト12を露光することにより、マスク14のパタンをポジレジスト12に転写する。この実施の形態では、この露光をKrFエキシマレーザ光aを用い

て行う。つまり、マスク14の開口部分bを通して、ポジレジスト12に248nmの波長のレーザ光を照射する。この結果、レーザ光で照射されたポジレジスト12の部分が感光する。よって、ポジレジスト12には、マスク14のパタンを反映した潜像が未感光部分として形成される。尚、ポジレジスト12とマスク14との位置関係等は、各種の露光方式に応じて適当に設定すればよい。

【0022】次に、ポジレジスト12を現像して仮レジストパタン12aを形成する(図1(C))。現像液としてはTMAH水溶液等のアルカリ水溶液を用いている。この現像液に露光の終了した被加工膜10を浸漬させて、ポジレジスト12の感光部分を選択的に溶解して除去する。すると、ポジレジスト12の潜像に対応したパタンが被加工膜10上に残存するので、所定のパタンの仮レジストパタン12aが得られる。図1(C)に示すように、マスク14の開口部分bに対応した仮レジストパタン12aの位置にホールパタン16aが形成される。

【0023】現像後、仮レジストパタン12aのベークを行う。このベークにより仮レジストパタン12aを變形させ、レジストパタン12bを形成する(図1

(D))。本来ならば、レジストに対するベークは、残留溶媒および残留水分の除去を目的として行う。しかし、この実施の形態では、上記目的の通常のベークよりも高い温度でベークを行う。このように、通常よりも高い温度でベークを行うことによって仮レジストパタン12aの寸法を縮小させる。つまり、ホールパタン16aの口径を縮小させて新規のホールパタン16bを形成する。

【0024】図2は、パタン寸法のベーク時間依存性を模式的に示すグラフである。横軸に時間を取り、縦軸に寸法を取って示してある。図中、時間t0はベーク開始時間であり、時間t1はベーク終了時間である。また、図2に示す線分a、b、cおよびdの各々は、それぞれベーク温度を異ならせたときのパタン寸法値(ホールパタン16b(16a)の口径値)の時間変化を示している。線分aは、通常のベーク温度を設定した場合の寸法変化を示す。また、線分b、cおよびdは、通常のベーク温度よりも温度を高く設定した場合の寸法変化を示す。尚、線分b、cおよびdは、この順序でベーク温度を高く設定した場合に相当する。例えば、通常のベーク時のベーク温度を90℃とするとき、この実施の形態では、120℃や125℃や130℃の温度でベークを行う。この場合、線分aは90℃のときの寸法変化を示し、線分bは120℃のときの寸法変化を示し、線分cは125℃のときの寸法変化を示し、線分dは130℃のときの寸法変化を示す。図2に示すように、ベーク実行中は時間の経過とともにパタン寸法が縮小する。そして、各線分の対比から明らかなように、ベーク温度の高

い方がボタン寸法の縮小率が大きい。

【0025】図3は、ボタン寸法のベーク温度依存性を示すグラフである。横軸にベーク温度(℃単位)を取り、80℃～130℃の範囲を10℃ごとに目盛って示してある。また、縦軸にボタン寸法(μm単位)を取り、0.15μm～0.3μmの範囲を0.05μmごとに目盛って示してある。グラフ中には、測定したホールボタン16bの口径を、ベーク温度に対応させて、白丸記号で示してある。尚、ベーク時間(すなわち(t1-t0)の時間に相当する。)は60秒とした。

【0026】また、図4は、測定したホールボタン16bの口径値を示す表である。表の1行目には、ベーク温度およびベーク時間を記載してある。そして、表の2行目には、対応する測定値をμm単位で記載してある。すなわち、「90℃60s」(すなわちベーク温度が90℃、ベーク時間が60秒である。)のときに口径値が0.269μm、「120℃60s」(すなわちベーク温度が120℃、ベーク時間が60秒である。)のときに口径値が0.245μm、および「125℃60s」(すなわちベーク温度が125℃、ベーク時間が60秒である。)のときに口径値が0.174μmである。

【0027】従って、図3および図4から明らかなように、ベーク温度の高い方がボタン寸法の縮小化の速度が大きい。この現象後のベークは、例えば120℃～130℃の範囲の温度で行うのが好適である。

【0028】以上説明したように、ボタン寸法の縮小量は、ベーク温度によって制御することができる。また、この寸法縮小量は、現象後のホールボタン16aの形状には依存しない。すなわち、ホールボタン16bのボタン寸法の縮小量は、マスク14のボタン寸法に依存しない。

【0029】図5は、マスク寸法とボタン寸法との関係を示すグラフである。横軸にはマスク寸法(μm単位)を取り、0.2μm～0.5μmの範囲を0.05μmごとに目盛って示してある。このマスク寸法は、図1(B)に示すマスク14の開口部分bの口径の値である。縦軸にはボタン寸法(μm単位)を取り、0μm～0.6μmの範囲を0.1μmごとに目盛って示してある。測定したボタン寸法は、図1(D)に示すホールボタン16bの口径の値である。

【0030】また、マスク寸法とボタン寸法との関係を、異なるベーク温度に対してそれぞれ求めている。図中、白丸記号はベーク温度を90℃としたときの測定結果である。各白丸記号を線分aによって互いに結合して表してある。また、四角記号はベーク温度を120℃としたときの測定結果である。各四角記号を線分bによって互いに結合して表してある。また、三角記号はベーク温度を125℃としたときの測定結果である。各三角記号を線分cによって互いに結合して表してある。また、逆三角記号はベーク温度を130℃としたときの測定結

果である。各逆三角記号を線分dによって互いに結合して表してある。尚、各ベークのベーク時間は共に60秒である。

【0031】図6は、測定したホールボタン16bの口径値を示す表である。表の1行目には、ベーク温度およびベーク時間を記載してある。また、表の1列目には、マスク寸法値(μm単位)を記載してある。そして、表の2行目以降および2列目以降の対応する各欄に、ボタン寸法の測定値をそれぞれμm単位で記載してある。

10 【0032】従って、図5および図6に示すように、ボタン寸法とマスク寸法とは、ほぼ正比例の関係にあることが分かる。しかも、ベーク温度によらず、マスク寸法に対するボタン寸法の変化率がほぼ一定となる。よって、ボタン寸法の縮小量は、若干のマスク寸法の違いには依存しない。

【0033】また、ボタン寸法の縮小量は、露光条件の違いなどに対してもあまり依存しない。例えば、ボタン寸法は、露光時のフォーカス(露光光の焦点とレジストとの間の距離)に対する依存度が小さい。図7は、フォーカスとボタン寸法との関係を示すグラフである。横軸にはフォーカス(μm単位)を取り、-0.5μm～1μmの範囲を0.5μmごとに目盛って示してある。また、縦軸にはボタン寸法(μm単位)を取り、0μm～0.3μmの範囲を0.05μmごとに目盛って示してある。

【0034】また、フォーカスとボタン寸法との関係を、異なるベーク温度に対してそれぞれ求めている。図7中、白丸記号はベーク温度を90℃としたときの測定結果である。各白丸記号を線分aによって互いに結合して表してある。また、四角記号はベーク温度を120℃としたときの測定結果である。各四角記号を線分bによって互いに結合して表してある。また、三角記号はベーク温度を125℃としたときの測定結果である。各三角記号を線分cによって互いに結合して表してある。尚、各ベークのベーク時間は共に60秒である。

【0035】また、図8は、測定したホールボタン16bの口径値を示す表である。表の1行目には、ベーク温度およびベーク時間を記載してある。また、表の1列目には、フォーカス値(μm単位)を記載してある。そして、表の2行目以降および2列目以降の対応する各欄に、ボタン寸法の測定値をそれぞれμm単位で記載してある。

【0036】従って、図7および図8に示すように、ボタン寸法はフォーカスの変化に対してほぼ一定である。つまり、フォーカスの違いによるボタン寸法の変化は小さい。よって、この実施の形態の方法によれば、従来プロセスでのフォーカスや露光量に対するマージンを損なうことなく、ボタン寸法を縮小させることができる。しかも、この実施の形態の方法では、従来プロセスに対してベーク温度の設定を変更するだけであるから、装置構

成を変更する必要がない。よって、スルーブットが低下しない。

【0037】【第2の実施の形態】次に、レジストパタンの第2形成方法につき説明する。この第2形成方法の工程につき、図1(A)～(C)および図9を参照して説明する。図9は、第2形成方法の説明に供する断面図である。

【0038】まず、被加工膜10の上にポジレジスト12を塗布する(図1(A))。次に、所定のマスク14を用いてポジレジスト12の第1回目の露光を行う(図1(B))。次に、現像を行ってポジレジスト12の感光部分を除去し、仮レジストパタン12aを形成する(図1(C))。ポジレジスト12にはホールパタン16aが形成される。

【0039】続いて、この実施の形態では、仮レジストパタン12aを不完全に感光させるための第2回目の露光を行う(図9(A))。例えば、通常のディープUV一括露光機を用いて、仮レジストパタン12aを完全に感光させないように適当な波長および露光量を設定して、全面露光を行う。この形成例では、この全面露光は、中心波長365nmの波長の光aを照射して行っている。このように、不完全感光させると、仮レジストパタン12aの耐熱性を向上させることができる。

【0040】次に、第1形成方法のときと同様に、ベークを行って仮レジストパタン12aを変形させ、レジストパタン12bを形成する(図9(B))。このベークにより、ホールパタン16aのパタン寸法(口径)が縮小して、新たなホールパタン16bが得られる。但し、上述した第2回目の露光工程において仮レジストパタン12aを不完全に感光させてあるので、第1形成方法の場合と比べるとパタン寸法の縮小量が小さい。

【0041】図10は、パタン寸法のベーク時間依存性を示すグラフである。横軸に時間を取り、縦軸に寸法を取って示している。図10に示す線分a、b、cおよびdは、それぞれ図2に示した線分a、b、cおよびdに対応している。図10に示すように、第2回目の露光は、ベーク開始時間t0よりも前の時間t2に開始させ、同じくベーク開始時間t0よりも前の時間t3に終了させる。第1形成方法と第2形成方法との違いは、この第2回目の露光の有無である。そして、この第2形成方法によれば、図2と図10との対比から明かなように、パタン寸法の時間に対する変化の率が小さくなる。従って、より高い精度で寸法縮小量を制御することができる。

【0042】次に、実際の測定結果を図11および図12に示す。図11は、寸法縮小量のベーク温度依存性を示すグラフである。横軸にベーク温度(℃単位)を取り、120℃～130℃の範囲を5℃ごとに目盛って示してある。また、縦軸には寸法縮小量(μm単位)を取っている。この寸法縮小量は、90℃の温度でベークし

たときのパタン寸法を基準にして表した量である。寸法縮小量は、0μm～0.2μmの範囲を0.05μmごとに目盛って示してある。

【0043】図11には、第2回目の露光を行った場合の寸法縮小量の測定結果と、第2回目の露光を行わなかった場合の寸法縮小量の測定結果とを示してある。図中、白丸記号は第2回目の露光を行わなかった場合の測定結果である。各白丸記号を線分aによって互いに結合して表してある。また、四角記号は第2回目の露光を行った場合の測定結果である。各四角記号を線分bによって互いに結合して表してある。

【0044】図12は、測定したホールパタン16bの口径値を示す表である。表の1行目にはベーク温度を記載してある。また、表の1列目には第2回目の露光の有無を記載してある。そして、表の2行目以降および2列目以降の対応する各欄に、寸法縮小量の測定値をそれぞれμm単位で記載してある。

【0045】図11および図12に示すように、第2回目の露光を行った場合の方が露光を行わない場合に比べて、ベーク温度の変化に対する寸法縮小量の変化が小さい。このように、第2回目の露光を行うことによってレジストの耐熱性が適度に向上するので、ベーク温度の変化に対して寸法縮小量が緩やかに変化する。

【0046】次に、図13および図14を参照して、パタン寸法の露光量に対する変化につき説明する。図13は、パタン寸法(ホールパタン16bの口径)の露光量依存性を示すグラフである。横軸に露光量(mJ/cm<sup>2</sup>単位)を取り、0mJ/cm<sup>2</sup>～500mJ/cm<sup>2</sup>の範囲を100mJ/cm<sup>2</sup>ごとに目盛って示してある。また、縦軸にはパタン寸法(μm単位)を取り、0μm～0.3μmの範囲を0.05μmごとに目盛って示してある。パタン寸法の測定値はグラフ中に白丸記号で示し、各白丸記号を線分aによって結合して示してある。

【0047】また、図14は、測定したホールパタン16bの口径値を示す表である。表の1行目には、露光量をmJ/cm<sup>2</sup>単位で記載してある。そして、表の2行目の対応する各欄に、パタン寸法の測定値をそれぞれμm単位で記載してある。

【0048】尚、図13および図14に示す測定結果は、125℃の温度で60秒間のベークを行った場合のものである。図13および図14に示すように、露光量の増加に従いパタン寸法が増加する。つまり、露光量を多くするほど寸法縮小量を小さくすることができる。

【0049】以上説明したように、第2形成方法によれば、現像後のベークのベーク温度および第2回目の露光の露光量により寸法縮小量を制御できる。しかも、上述した第1形成方法と同様に、従来プロセスでの露光量およびフォーカスに対するマージンを損なうことなく、ホールパタン寸法を縮小させることができる。

【0050】【第3の実施の形態】次に、レジストパタンの第3形成方法につき説明する。第3形成方法と第2形成方法とを対比すると、この第3形成方法では、上述した第2回目の露光を現像後のベークの実行時に行う点に特色がある。

【0051】まず、被加工膜10の上にポジレジスト12を塗布する(図1(A))。続いて、所定のマスク14を用いてポジレジスト12の第1回目の露光を行う(図1(B))。次に、現像を行ってポジレジスト12の感光部分を除去し、仮レジストボタン12aを形成する(図1(C))。

【0052】次に、ベーク手段が内蔵された露光装置(多目的光ユニット)を用いて、ベークを行いながら露光を行う。この実施の形態では、ベーク開始の直後に仮レジストボタン12aの露光を行う。この露光は、第2の実施の形態で説明した第2回目の露光に相当する。従って、このベーク中に行う露光では、仮レジストボタン12aを不完全に感光させる。そして、この露光により、仮レジストボタン12aの耐熱性を適度に向上させる。

【0053】図15は、ボタン寸法のベーク時間依存性を示すグラフである。横軸に時間を取り、縦軸に寸法を取って示している。図15に示す線分a、b、cおよびdは、それぞれ図2に示した線分a、b、cおよびdに対応している。このグラフに示すように、第2回目の露光は、ベーク開始時間t0と同一の時間に開始させる。また、第2回目の露光は、ベーク終了時間t1よりも前の時間t2に終了させる。このように、ベーク工程中に露光を開始させてベーク工程中に露光を終了させるので、スループットが低下しない。

【0054】【第4の実施の形態】次に、レジストパタンの第4形成方法につき、図16を参照して説明する。図16は、レジストパタンの第4形成方法の説明に供する断面図である。尚、途中までは第1形成方法と実質的に同じ工程を含むので、最初に、この工程につき図1を参照して簡単に説明する。

【0055】まず、被加工膜10の上にポジレジスト12を塗布する(図1(A))。続いて、所定のマスク14を用いてポジレジスト12の第1回目の露光を行う(図1(B))。次に、現像を行ってポジレジスト12の感光部分を除去し、仮レジストボタン12aを形成する(図1(C))および図16(A))。よって、ポジレジスト12にホールボタン16aが形成される。

【0056】そして、残留溶媒および残留水分の除去を目的とした通常のベークよりも高い温度で第1回目のベークを行って、仮レジストボタン12aを変形させ、レジストボタン12bを形成する(図16(B))。このベークを例えば120℃程度で行う。このベークにより、耐熱性に乏しい仮レジストボタン12aは熱フローを生じて形状が変化する。そして、ホールボタン16a

のボタン寸法(口径)が縮小して、新たなホールボタン16bが形成される。

【0057】次に、レジストボタン12bを完全に感光させる第2回目の露光を行う(図16(C))。すなわち、ディープUV一括露光機を用いて、レジストを完全に感光させる十分な露光量のディープUV光をレジストボタン12bに照射する。このように全面露光を行うことにより、レジストボタン12bの耐熱性を向上させる。

【0058】そして、残留溶媒および残留水分の除去を目的とした第2回目のベークを行う(図16(D))。このベーク工程では、この時点で既にレジストボタン12bが十分な耐熱性を有しているために熱フローが生じない。従って、第1回目のベーク工程では不十分であった残留溶媒および残留水分の除去が行える。

【0059】図17は、ボタン寸法のベーク時間依存性を示すグラフである。横軸に時間を取り、縦軸に寸法を取って示している。図17に示す線分a、bおよびcは、それぞれ図2に示した線分a、bおよびcに対応している。この図17に示すように、第1回目のベークを時間t0に開始させ、t1の時間に終了させる。続いて、時間t2に第2回目の露光を開始して、この露光を時間t3まで行う。そして、最後に、第2回目のベークをt4およびt5の時間内に行う。

【0060】従って、この形成方法では、レジストパタンの寸法縮小量を、第1回目のベーク温度および第1回目のベーク時間(t1-t0)により制御できる。そして、寸法縮小量は、現像後のホールボタン寸法や、第1回目の露光の条件のバラツキにより生じる若干のホールボタンの形状差などには依存しない。よって、従来プロセスでの露光量およびフォーカスに対するマージンを損なうことなく、ホールボタンの寸法を縮小させることができる。

【0061】尚、レジストボタン12bは第2回目の露光によって耐熱性が大幅に向上するので、第2回目のベークを第1回目のベークと同じベーク温度で行っても形状が変化しない。従って、第1回目のベークと第2回目のベークとを同じベークプレートを用いて行うことができ、追加のベークプレートを必要としない。

【0062】【第5の実施の形態】次に、レジストパタンの第5形成方法につき説明する。第5形成方法では、現像後のベーク時に第2回目の露光を行う。この第2回目の露光では、仮レジストボタンを完全に感光させることにより、仮レジストボタンの変形をストップさせる。この第5形成方法につき、図1および図18を参照して説明する。

【0063】まず、被加工膜10の上にポジレジスト12を塗布する(図1(A))。続いて、所定のマスク14を用いてポジレジスト12の第1回目の露光を行う(図1(B))。次に、現像を行ってポジレジスト12

の感光部分を除去し、仮レジストボタン 12 a を形成する (図 1 (C))。よって、ポジレジスト 12 にホールボタン 16 a が形成される。

【0064】次に、ベーク手段が内蔵された露光装置 (多目的光ユニット) を用いて、ベークを行いながら露光を行う。このベークは、残留溶媒および残留水分の除去を目的とした通常のベークよりも高い温度で行い、仮レジストボタン 12 a を変形させる。そして、適当な時間だけベークを行った後に仮レジストボタン 12 a の露光を行う。この露光は、第 4 の実施の形態で説明した第 2 回目の露光に相当する。従って、このベーク中に行う露光では、仮レジストボタン 12 a を完全に感光させる。そして、この露光により、仮レジストボタン 12 a の耐熱性を向上させて、ベークによる変形を抑止する。

【0065】図 18 は、ボタン寸法のベーク時間依存性を示すグラフである。横軸に時間を取り、縦軸に寸法を取って示している。図 18 に示す線分 a、b および c は、それぞれ図 2 に示した線分 a、b および c に対応している。

【0066】図 18 に示すように、現像後のベークは時間  $t_0$  のときに開始させる。すると、通常ベーク時よりも温度を高く設定した場合 (図 18 の線分 b および c の場合) には、時間の経過とともにボタン寸法が減少してゆく (但し、図 18 に示すようにボタン寸法が直線的に低下してゆくとは限らない。)。続いて、時間  $t_1$  のときに第 2 回目の露光を開始させる。この露光は時間  $t_2$  まで継続して行う。この露光により、ボタン寸法の減少が止まり、所定のレジストボタン 12 b 従ってホールボタン 16 b が得られる (図 1 (D) 参照。但し、図 18 に示すように、露光の開始と同時にボタン寸法の縮小が止まるわけではない。)。その後も、ベークは継続して行い、適当な時間  $t_3$  のときに終了させる。

【0067】このように、第 5 形成方法では、ボタン寸法の縮小量を、現像後のベークの温度と、ベークを開始してから露光を開始するまでの時間 ( $t_1 - t_0$ ) とで制御することができる。また、露光時の露光量は時間 ( $t_2 - t_1$ ) など調節することによって制御することができる。また、露光終了後のベークにより、レジストボタン 12 b 中に含まれる残留溶媒および残留水分を完全に除去することができる。尚、第 2 回目の露光は、ベーク工程中に開始させてベーク工程中に終了させるので、スループットが低下しない。

【0068】【第 6 の実施の形態】次に、レジストボタンの第 6 形成方法につき説明する。この第 6 形成方法では、現像後のベーク実行中に 2 回の露光を行う。初めの露光では仮レジストボタン 12 a を不完全に感光させて、ベークによるボタン寸法の縮小の速さを適度なものとすることを図る。また、次の露光では仮レジストボタン 12 a を完全に感光させて、ベークによるボタン寸法の縮小を止める。

【0069】先ず、被加工膜 10 の上にポジレジスト 12 を塗布する (図 1 (A))。続いて、所定のマスク 14 を用いてポジレジスト 12 の第 1 回目の露光を行う (図 1 (B))。次に、現像を行ってポジレジスト 12 の感光部分を除去し、仮レジストボタン 12 a を形成する (図 1 (C))。

【0070】次に、ベーク手段が内蔵された露光装置 (多目的光ユニット) を用いて、ベークを行いながら露光を行う。この実施の形態では、ベーク開始の直後に仮レジストボタン 12 a の露光を行う。この露光は、第 2 の実施の形態で説明した第 2 回目の露光に相当する。従って、このベーク中に行う露光では、仮レジストボタン 12 a を不完全に感光させる。そして、この露光により、仮レジストボタン 12 a の耐熱性を適度に向上させる。

【0071】次に、適当な時間だけベークを継続的行った後、仮レジストボタン 12 a を完全に感光させるための第 3 回目の露光を行う。この結果、仮レジストボタン 12 a の変形が止まり、レジストボタン 12 b が得られる。この第 3 回目の露光も第 2 回目の露光と同様の多目的光ユニットを用いて行う。この第 3 回目の露光は、第 5 の実施の形態で説明した第 2 回目の露光に相当する。

【0072】図 19 は、ボタン寸法のベーク時間依存性を示すグラフである。横軸に時間を取り、縦軸に寸法を取って示している。図 19 に示す線分 a、b および c は、それぞれ図 2 に示した線分 a、b および c に対応している。

【0073】図 19 に示すように、第 2 回目の露光は、ベーク開始時間  $t_0$  と同一の時間に開始させて、 $t_1$  の時間に終了させる。続いて、時間  $t_2$  のときに第 3 回目の露光を開始させる。この露光は時間  $t_3$  まで継続して行う。この露光により、ボタン寸法の減少が止まり、所定のレジストボタン 12 b 従ってホールボタン 16 b が得られる (図 1 (D))。その後も、ベークは継続して行い、適当な時間  $t_4$  のときに終了させる。

【0074】このように、第 6 形成方法では、ボタン寸法の縮小量を、現像後のベークの温度と、ベークを開始してから第 3 回目の露光を開始するまでの時間 ( $t_2 - t_0$ ) と、第 2 回目の露光時の露光量とで制御できる。また、露光終了後のベークにより、レジストボタン 12 b 中に含まれる残留溶媒および残留水分を完全に除去することができる。尚、第 2 回目および第 3 回目の露光はベーク工程中に開始させてベーク工程中に終了させるので、スループットが低下しない。

【0075】

【発明の効果】この発明のレジストボタンの形成方法によれば、残留溶媒および残留水分の除去を目的とした通常のベークよりも高い温度で現像後のベークを行うことにより仮レジストボタンを変形させ、レジストボタンを

形成する。従って、従来よりも微細なレジストパターンを、ArF光などの短波長光を用いずに、従来のKrF光および化学増幅型レジストを用いて形成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】レジストパタンの第1形成方法の説明に供する図である。

【図2】ボタン寸法のベーク時間依存性を示す図である。

【図3】ボタン寸法のベーク温度依存性を示す図である。

【図4】ボタン寸法のベーク温度依存性を示す図である。

【図5】マスク寸法とボタン寸法との関係を示す図である。

【図6】マスク寸法とボタン寸法との関係を示す図である。

【図7】フォーカスとボタン寸法との関係を示す図である。

【図8】フォーカスとボタン寸法との関係を示す図である。

【図9】レジストパタンの第2形成方法の説明に供する図である。

【図10】ボタン寸法のベーク時間依存性を示す図である。

【図11】寸法縮小量のベーク温度依存性を示す図である。

【図12】寸法縮小量のベーク温度依存性を示す図である。

【図13】ボタン寸法の露光量依存性を示す図である。

【図14】ボタン寸法の露光量依存性を示す図である。

【図15】ボタン寸法のベーク時間依存性を示す図である。

【図16】レジストパタンの第4形成方法の説明に供する図である。

【図17】ボタン寸法のベーク時間依存性を示す図である。

【図18】ボタン寸法のベーク時間依存性を示す図である。

【図19】ボタン寸法のベーク時間依存性を示す図である。

【符号の説明】

10：被加工膜

12：ポジレジスト

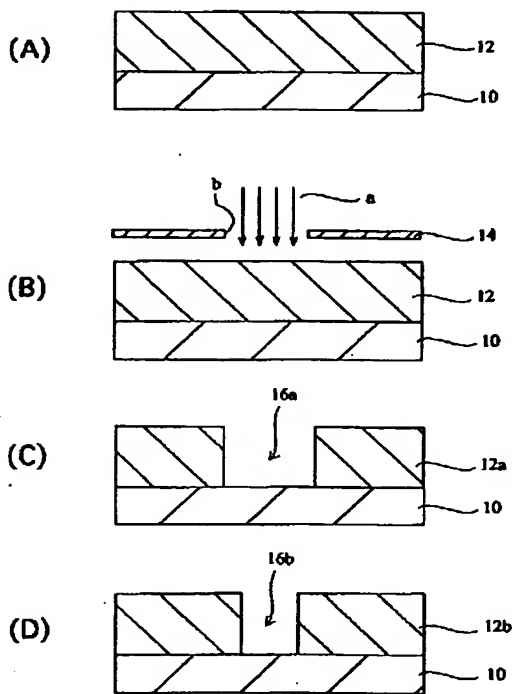
12a：仮レジストパターン

12b：レジストパターン

14：マスク

16a, 16b：ホールパターン

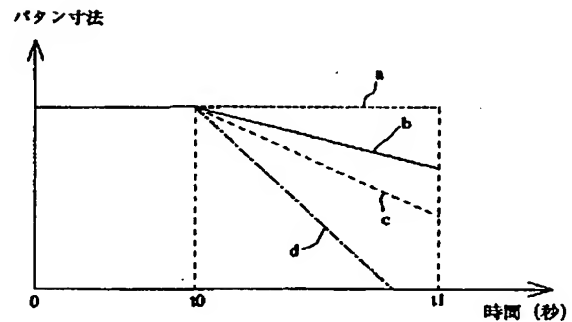
【図1】



10：被加工膜 12：ポジレジスト 12a：仮レジストパターン  
12b：レジストパターン 14：マスク 16a, 16b：ホールパターン

レジストパタンの第1形成方法

【図2】



ボタン寸法のベーク時間依存性

【図4】

90℃60s	120℃60s	125℃60s
0.269	0.245	0.174

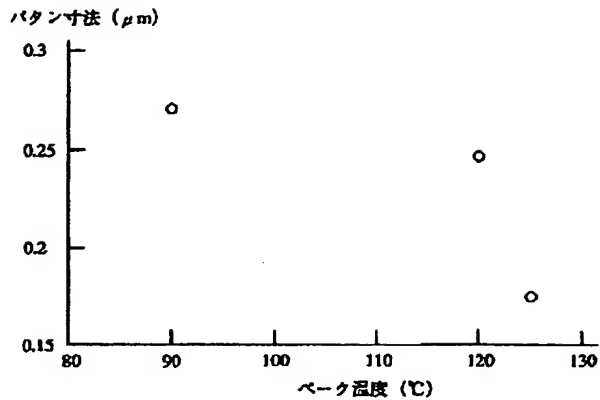
マスク寸法のベーク温度依存性

【図14】

0	10	50	100	300	500
0.147	0.161	0.197	0.253	0.286	0.285

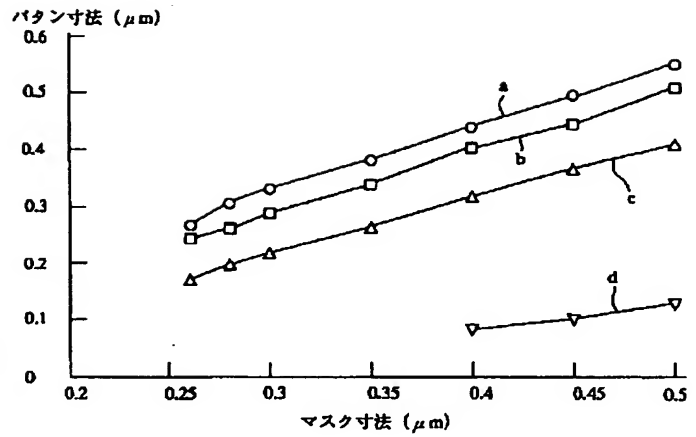
ボタン寸法の露光量依存性

【図 3】



ボタン寸法のバーク温度依存性

【図 5】



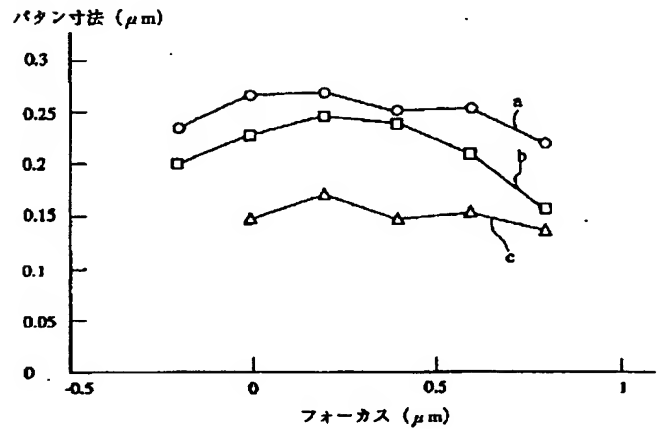
マスク寸法とボタン寸法との関係

【図 6】

	90℃60s	120℃60s	125℃60s	130℃60s
0.26	0.269	0.245	0.17	
0.28	0.311	0.262	0.197	
0.3	0.336	0.29	0.22	
0.35	0.388	0.343	0.266	
0.4	0.448	0.409	0.322	0.073
0.45	0.5	0.451	0.371	0.105
0.5	0.56	0.518	0.417	0.136

マスク寸法とボタン寸法との関係

【図 7】



フォーカスとボタン寸法との関係

【図 8】

	90℃60s	120℃60s	125℃60s
-0.2	0.234	0.199	
0	0.266	0.227	0.147
0.2	0.269	0.245	0.17
0.4	0.252	0.238	0.147
0.6	0.233	0.21	0.154
0.8	0.22	0.157	0.137

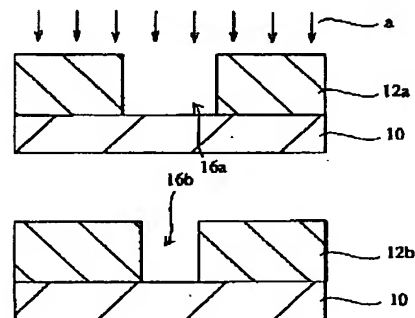
フォーカスとボタン寸法との関係

【図 12】

	120℃	125℃	130℃
露光無	0.024	0.095	
露光有	0.056	0.077	0.172

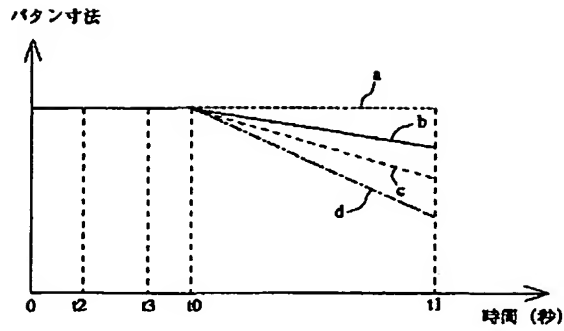
寸法縮小量のバーク温度依存性

(A)



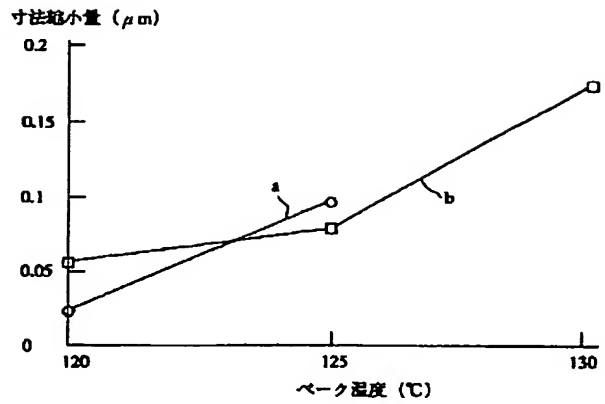
レジストパタンの第2形成方法

【図 10】



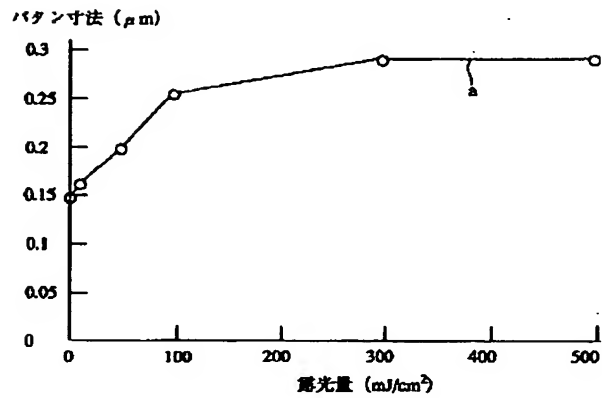
ボタン寸法のピーク時間依存性

【図 11】



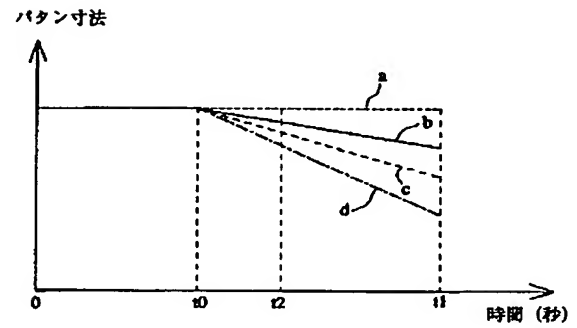
寸法縮小量のピーク温度依存性

【図 13】



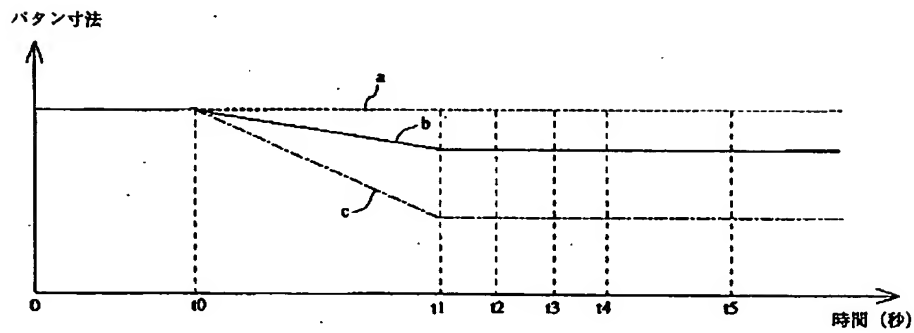
ボタン寸法の露光量依存性

【図 15】



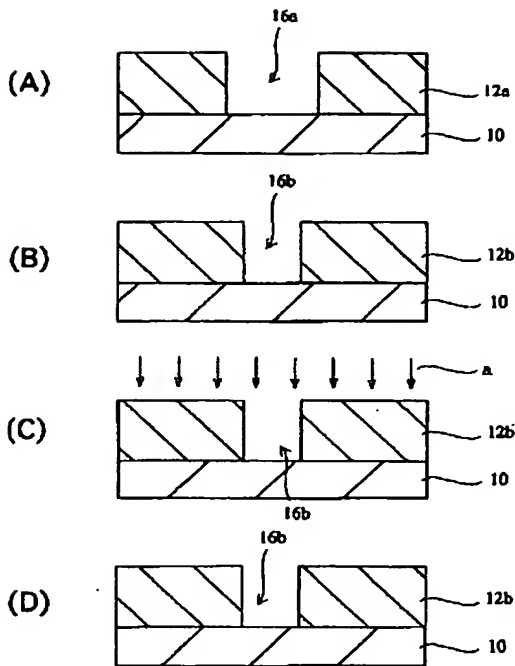
ボタン寸法のピーク時間依存性

【図 17】



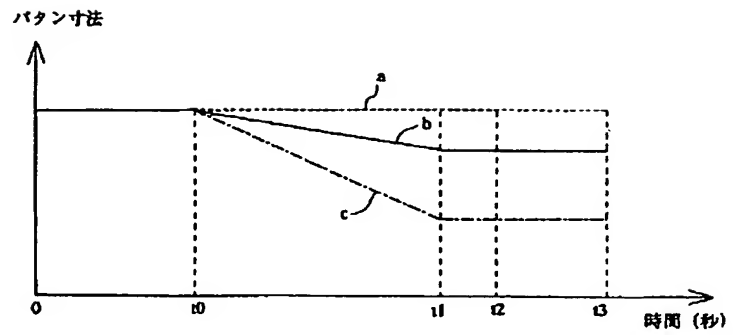
ボタン寸法のピーク時間依存性

【図 16】



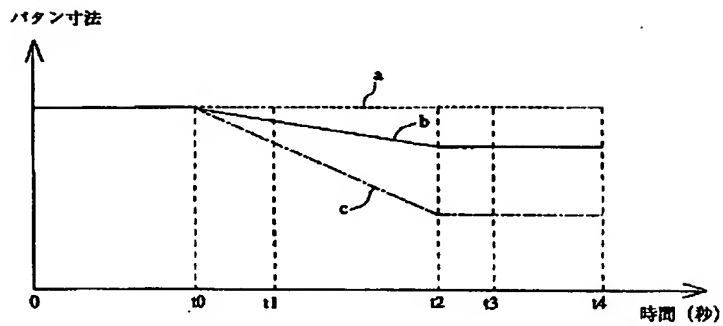
レジストパタンの第4形成方法

【図 18】



パターン寸法のベーク時間依存性

【図 19】



パターン寸法のベーク時間依存性